

Patent number:	DE9421671U
Publication date:	1996-07-11
Inventor:	
Applicant:	SIEMENS AG (DE)
Classification:	
- International:	H01J37/32; H05H1/00; H01L21/3065
- European:	H01J37/32D
Application number:	DE19940021671U 19940826
Priority number(s):	DE19940021671U 19940826; DE19944430385 19940826

## Description of DE9421671U

Description unloading chamber for a plasma corroding plant in the semiconductor manufacturing the invention concerns an unloading chamber for a plasma corroding plant used with the manufacturing of integrated monoliths. In addition the invention concerns the use of certain materials as corrosive gas-resistant wall material for a such unloading chamber.

For the structuring of thin layers in the semiconductor technology at present mainly plasma-supported drying etching techniques are used. With these procedures by a generator, which works mostly within the high frequency range, in a reactor, which is flowed through by a corrosive gas, a plasma is produced. In the plasma are generally uncharged corrosive gas particles, ionized corrosive gas species as well as highly reactive neutral fragments (radicals) of the corrosive gas. The well-known plasma-supported etching techniques can be essentially divided into the following two categories: While RIE fall back (Reactive of Ion Etching) processes mostly to the ionized corrosive gas species, which are accelerated in an electrical field on the wafer which can be structured, Downstream procedures use only radicals for the material removal. Since the corroding reaction must take place with Downstream plants spontaneously, mainly fluorhaltige corrosive gases are used. By the absence of accelerated particles, which with high energy the substrate strike, a very careful material removal is reached and the existing layer is not damaged (damagefreie corrosion). Furthermore layers can be removed very selectively to each other, i.e. a layer is completely removed, while the underlying is not attacked. The disadvantage of the down stream in relation to the RIE procedures is however in the fact that the corrosion is completely isotropic, i.e. the corrosion does not have a preferred direction. The structure of an etch resist cannot be transferred thus 1 to 1 to the underlying layer.

In order to avoid the bombardment with high-energy particles, the plasma production must be separated locally from the reactor.

In the well-known technical execution of the Downstream procedure for it the plasma and thus necessary the radicals are produced in a special unloading chamber, by which the radicals are led into the actual corroding chamber, in which those for structuring disks are. The unloading chamber is mostly implemented as a pipe, into which the achievement produced by the RF generator is linked. The large difficulty the realization of such a unloading chamber or a discharge tube is with all plasma corroding plants in the choice of materials. The used material must be permeable for the linked high frequency achievement, i.e. no metallic materials can be used. Since the unloading chamber must be resistant to the mostly very aggressive radicals of the corrosive gas, also the use of plastics is doubtful. A further requirement of the unloading chamber is a temperaturbestaendigkeit to for instance 1000oc, which is necessary with the enterprise due to the heating of the unloading chamber. Present unloading chambers of and/or pipes are manufactured mostly made of quartz (SiO<sub>2</sub>). SiO<sub>2</sub> is through leave and sufficiently heatproof for the RF achievement. It exhibits however only a rather insufficient resistance against the aggressive corrosive gas radicals. In the plants therefore the discharge tube must be exchanged after few operation hours because of wear (material removal). The available invention is the basis therefore the task, an unloading

chamber of the initially indicated kind to sheep fen, which all requirements mentioned of a such unloading chamber fulfilled and which is in particular corrosive gas-more resistant than the well-known unloading chambers.

This task is solved by the fact that the unloading chamber consists of a ceramic material or a single-crystal material with the same chemical composition as the ceramic material.

Training further the invention are subject to unteranspruechen. Advantages and details of the invention are still more near described on the basis the following remark example that the isotropic drying corroding plants CDE VII and CDE VIII of the company Tylan Tylan-Tokuda herangezieht, without which the invention would be limited to this installation type.

With the well-known plants present at the market the process plasma in special discharge tubes made of quartz is produced and flows over one about 1 m for a long time-u-shaped line into the corroding chamber. The quartz tubes have a length of 700 mm, an outside diameter of 38 mm and an inside diameter of 29 mm. Therefore the wall thickness amounts to 4,5 mm. Due to the small resistance the fluorhaltigen corrosive gases used by quartz opposite the discharge tube is to be changed after only 10 plasma hours. Since the material removal takes place mainly in a certain place, it is to be cleaned possible the pipe after the development and be inserted around 900 turned again.

With symmetrical installation of the pipe (linking place in the center) a new pipe must be used after 40 and with asymmetrical installation after 80 plasma hours. With each cleaning a substantial expenditure of work time and process controls is connected. Furthermore the UP time of the plant is decreased. The costs resulting thereby are considerable. With attempts with most diverse materials it could be shown that ceramic materials are most suitable regarding simultaneous corrosive gas resistance, heatproof quality and permeability for RF achievement. Furthermore also single-crystal materials can be used, which possess the same chemical composition as ceramic(s). As particularly suitably Aluminiumoxid(A12O3) proved. For the production of ceramic(s) alumina balls under high pressure and temperature are pressed. The single-crystal modification ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> corundum; and/or, with doping with metallic oxides, sapphire or ruby) for example by zone pulling from the melt one wins. With the test of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Keramikhren the resistance could be proven against corrosive gas radicals and the temperaturbestaendigkeit.

It turned out however that it is not possible to use ceramic(s) TLA dung pipes with the same dimensions as with the quartz tubes.

The most important parameter is the wall thickness. With invariably 4,5 mm step problems with RF linking (too high reflected achievement) as well as with thermal tensions in the ceramic(s) (of tears) up. Remedy brings a decrease to the wall thickness. In principle it would be most favorable to use as thin a pipes as possible. Technologically it is however difficult due to the 700 mm of pipe length extremely to realize wall thicknesses substantially smaller than 2 mm. With 2 mm wall thickness is still somewhat higher the reflected achievement than with the quartz tubes (30W compared with 20 W), does not be however the far under still tolerable border of 80 W. thermal tensions, which led to tears, about 2 mm of wall thickness no more was observed.

Altogether therefore wall thicknesses are usable within the range of 0,8 to approximately 3 mm favourably. With the implementation by ceramic(s) pipes it is to be also noted that ceramic(s) possesses a rougher surface than quartz.

Since the pipe serves as part of an evacuated system, it is recommendable to use polished tube ends which the seals rest upon. The additional ignition assistance (lamp), who with quartz tubes is used, is not very effective with ceramic(s) pipes, since ceramic(s) is only partial transparency. With thin ceramic(s) pipes no problems arise, for the increased safety are however possible it to install into the flange on the gas inlet side an ignition lamp.

The pipes from ceramic(s) are minimum 300 h to begin (see 10 h with quartz tubes). Longer assignments are problem-free possible; with usual cyclic preventing maintenance the pipes

can be changed however preventively. Favourable it is further that the ceramic(s) pipes show a clearly lower particle load than quartz tubes, whereby the particle reduction up to 75 % amounts to.

As further suitable materials beispielsweise zirkonoxid ( $\text{ZrO}_2$ ), magnesium oxide ( $\text{MgO}$ ), calcium oxide ( $\text{CaO}$ ) and yttriumoxid ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) can be used as ceramic(s) or than single crystal. The invention is not by any means limited to the use of traditional silicathaltiger ceramic(s). Also ceramic materials come from oxides, Siliciden or carbides of the metals, as they are producible to molded articles in the framework of the modern powder metallurgy by presses and sinters, or Borkarbid ( $\text{B}_4\text{C}$ ) or siliziumkarbid ( $\text{SiC}$ ) in question. With according to invention modified the plasma corroding plants also anisotropic etching processes or etching photoresist can be accomplished.

#### **Claims OF DE9421671U**

1. Unloading chamber for a plasma corroding plant, by, the fact used with the manufacturing of integrated monoliths, characterized that the unloading chamber consists of a ceramic material or a single-crystal material with the same chemical composition as the ceramic material.
2. Unloading chamber for a plasma corroding plant according to requirement 1, by the fact characterized that the unloading chamber consists of Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).
3. Unloading chamber for a plasma corroding plant according to requirement 2, by the fact characterized that the wall thickness of the unloading chamber is selected within the range of 0,8 to approximately 3 mm.
4. Unloading chamber for a plasma corroding plant after one of the requirements 1 to 3, by the fact characterized that the unloading chamber is implemented as discharge tube, which is connected with a separate corroding chamber.
5. Use of a ceramic material or a single-crystal material with the same chemical composition as the ceramic material from the group alumina, zircon oxide, magnesium oxide, potassium oxide, yttriumoxid, boron carbide or siliziumkarbid as corrosive gas-resistant wall material of an unloading chamber for a plasma corroding plant used with the manufacturing of integrated monoliths.



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Gebrauchsmuster**  
⑩ **DE 94 21 671 U 1**

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 01 J 37/32**  
H 05 H 1/00  
H 01 L 21/3065

⑪ Aktenzeichen:	G 94 21 671.1
②② Anmeldetag:	28. 8. 94
⑥⑦ aus Patentanmeldung:	P 44 30 385.8
④⑦ Eintragungstag:	11. 7. 96
④③ Bekanntmachung im Patentblatt:	22. 8. 96

DE 94 21 671 U 1

⑦③ Inhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑥④ Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage in der Halbleiterfertigung

DE 94 21 671 U 1

07.03.96

## Beschreibung

Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage in der Halbleiterfertigung

5

Die Erfindung betrifft eine Entladungskammer für eine bei der Fertigung integrierter Halbleiterschaltungen eingesetzte Plasmaätzanlage. Die Erfindung betrifft außerdem die Verwendung bestimmter Werkstoffe als ätzgasresistentes Wandmaterial für eine derartige Entladungskammer.

10

Zur Strukturierung von dünnen Schichten werden in der Halbleitertechnologie gegenwärtig hauptsächlich plasmaunterstützte Trockenätzverfahren verwendet. Bei diesen Verfahren wird durch einen Generator, der zumeist im Hochfrequenzbereich arbeitet, in einem Reaktor, der von einem Ätzgas durchströmt wird, ein Plasma erzeugt. Im Plasma befinden sich im allgemeinen ungeladene Ätzgasteilchen, ionisierte Ätzgasspezies sowie hochreaktive neutrale Fragmente (Radikale) des Ätzgases. Die bekannten plasmaunterstützten Ätzverfahren lassen sich im wesentlichen in die folgenden zwei Kategorien einteilen:

15

Während RIE(Reactive Ion Etching)-Prozesse zumeist auf die ionisierten Ätzgasspezies zurückgreifen, die in einem elektrischen Feld auf den zu strukturierenden Wafer hin beschleunigt werden, verwenden Downstream-Verfahren nur Radikale zum Materialabtrag. Da die Ätzreaktion bei Downstream-Anlagen spontan erfolgen muß, werden hauptsächlich fluorhaltige Ätzgase eingesetzt. Durch das Fehlen von beschleunigten Teilchen, die mit hoher Energie auf das Substrat aufprallen, wird ein sehr schonender Materialabtrag erreicht und die vorhandene Schicht nicht beschädigt (damagefreie Ätzung). Ferner können Schichten sehr selektiv zueinander entfernt werden, d.h. eine Schicht wird vollständig entfernt, während die darunterliegende nicht angegriffen wird. Der Nachteil der Down-

25

30

9421671

07.03.96

2

stream- gegenüber den RIE-Verfahren liegt allerdings darin,  
daß die Ätzung vollständig isotrop ist, d.h. der Ätzangriff  
hat keine Vorzugsrichtung. Die Struktur einer Ätzmaske kann  
somit nicht 1 zu 1 auf die darunterliegende Schicht übertra-  
gen werden.

Um den Beschuß mit hochenergetischen Teilchen zu vermeiden,  
muß die Plasmaerzeugung örtlich vom Reaktor getrennt werden.  
In der bekannten technischen Ausführung des Downstream-Ver-  
fahrens wird dazu das Plasma und damit die benötigten Radika-  
le in einer speziellen Entladungskammer erzeugt, von der die  
Radikale in die eigentliche Ätzkammer geleitet werden, in der  
sich die zu strukturierenden Scheiben befinden. Die Entla-  
dungskammer ist zumeist als ein Rohr ausgeführt, in das die  
vom RF-Generator erzeugte Leistung eingekoppelt wird. Die  
große Schwierigkeit bei der Realisierung einer solchen Entla-  
dungskammer oder eines Entladungsrohres liegt bei allen Plas-  
maätzanlagen in der Materialauswahl. Das verwendete Material  
muß für die eingekoppelte Hochfrequenzleistung durchlässig  
sein, d.h. es können keine metallischen Werkstoffe eingesetzt  
werden. Da die Entladungskammer gegen die zumeist sehr ag-  
gressiven Radikale des Ätzgases resistent sein muß, ist auch  
der Einsatz von Kunststoffen zweifelhaft. Eine weitere Anfor-  
derung an die Entladungskammer ist eine Temperaturbeständig-  
keit bis etwa 1000 °C, die aufgrund der Erhitzung der Entla-  
dungskammer beim Betrieb notwendig ist.

Gegenwärtig werden Entladungskammern bzw.-rohre zumeist aus  
Quarz ( $\text{SiO}_2$ ) gefertigt.  $\text{SiO}_2$  ist für die RF-Leistung durch-  
lässig und ausreichend hitzebeständig. Es weist aber nur eine  
eher ungenügende Resistenz gegen die aggressiven Ätzgasradi-  
kale auf. In den Anlagen muß deshalb das Entladungsrohr nach  
wenigen Betriebsstunden wegen Verschleiß (Materialabtrag)  
ausgetauscht werden.

9401871

07.03.98

3

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Entladungskammer der eingangs angegebenen Art zu schaffen, die alle genannten Anforderungen an eine derartige Entladungskammer erfüllt und die insbesondere ätzgasresistenter als die bekannten Entladungskammern ist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Entladungskammer aus einem keramischen Werkstoff oder einem einkristallinen Material mit der gleichen chemischen Zusammensetzung wie der keramische Werkstoff besteht.

10 Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen. Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand des folgenden Ausführungsbeispiels, daß die isotropen Trockenätzanlagen CDE VII und CDE VIII der Firma Tylan-Tokuda herangezogen, noch näher erläutert, ohne daß die Erfindung  
15 auf diesen Anlagentyp beschränkt wäre.

Bei den bekannten auf dem Markt befindlichen Anlagen wird das Prozeßplasma in speziellen Entladungsrohren aus Quarz erzeugt und strömt über eine etwa 1 m lange U-förmige Leitung in die Ätzkammer. Die Quarzrohre haben eine Länge von 700 mm, einen  
20 Außendurchmesser von 38 mm und einen Innendurchmesser von 29 mm. Die Wandstärke beträgt folglich 4.5 mm. Aufgrund der geringen Resistenz von Quarz gegenüber den verwendeten fluorhaltigen Ätzgasen ist das Entladungsrohr nach nur 10 Plasmastunden zu wechseln. Da der Materialabtrag hauptsächlich an  
25 einer bestimmten Stelle erfolgt, ist es möglich das Rohr nach dem Ausbau zu reinigen und um 90 ° gedreht wieder einzubauen. Bei symmetrischen Einbau des Rohres (Einkoppelstelle in der Mitte) muß nach 40 und bei asymmetrischen Einbau nach 80  
30 Plasmastunden ein neues Rohr verwendet werden. Mit jeder Reinigung ist ein erheblicher Aufwand an Arbeitszeit und Prozeßkontrollen verbunden. Desweiteren wird die Up-time der Anlage vermindert. Die dadurch anfallenden Kosten sind beträchtlich.

9421571

07.03.98

4

- Bei Versuchen mit verschiedensten Materialien konnte gezeigt werden, daß keramische Werkstoffe am geeignetsten sind hinsichtlich gleichzeitiger Ätzgasresistenz, Hitzebeständigkeit und Durchlässigkeit für RF-Leistung. Ferner können auch einkristalline Materialien verwendet werden, die die gleiche chemische Zusammensetzung wie die Keramik besitzen. Als besonders geeignet erwies sich Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Zur Herstellung der Keramik werden Aluminiumoxidkügelchen unter hohem Druck und Temperatur gepreßt. Die einkristalline Modifikation ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , Korund; bzw., bei Dotierung mit Metalloxiden, Saphir oder Rubin) wird zum Beispiel durch Zonenziehen aus der Schmelze gewonnen. Beim Test von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Keramikrohren konnte die Resistenz gegen Ätzgasradikale und die Temperaturbeständigkeit nachgewiesen werden.
- Es hat sich jedoch herausgestellt, daß es nicht möglich ist, Keramikentladungsrohre mit den gleichen Abmessungen wie bei den Quarzrohren zu verwenden.

- Der wichtigste Parameter ist die Wandstärke. Bei unverändert 4.5 mm treten Probleme mit der RF-Einkopplung (zu hohe reflektierte Leistung) sowie mit thermischen Spannungen in der Keramik (Risse) auf. Abhilfe bringt eine Verringerung der Wandstärke. Prinzipiell wäre es am günstigsten, möglichst dünne Rohre zu verwenden. Technologisch ist es jedoch aufgrund der 700 mm Rohrlänge äußerst schwierig, Wandstärken erheblich kleiner als 2 mm zu realisieren. Bei 2 mm Wandstärke ist die reflektierte Leistung zwar noch etwas höher als bei den Quarzrohren (30W im Vergleich zu 20 W), liegt aber weit unter der noch tolerierbaren Grenze von 80 W. Thermische Spannungen, die zu Rissen führten, wurden bei 2 mm Wandstärke nicht mehr beobachtet.

Insgesamt sind deshalb Wandstärken im Bereich von 0,8 bis etwa 3 mm vorteilhaft verwendbar.

9401671



07.03.98

5

Bei der Implementierung von Keramikrohren ist auch zu beachten, daß Keramik eine rauhere Oberfläche als Quarz besitzt. Da das Rohr als Teil eines Vakuumsystems dient, ist es empfehlenswert, geschliffene Rohrenden zu verwenden, auf denen  
5 die Dichtungen aufliegen. Die zusätzliche Zündhilfe (Lampe), die bei Quarzrohren verwendet wird, ist bei Keramikrohren nicht sehr wirkungsvoll, da die Keramik nur teilweise transparent ist. Bei dünnen Keramikrohren treten zwar keine Probleme auf, zur Erhöhung der Sicherheit ist es aber möglich, in  
10 den Rohrflansch auf der Gaseinlaßseite eine Zündlampe zu installieren.

Die Rohre aus Keramik sind minimal 300 h einzusetzen (vgl. 10 h bei Quarzrohren). Längere Einsatzzeiten sind problemlos möglich; bei der üblichen zyklischen vorbeugenden Wartung  
15 können die Rohre allerdings präventiv gewechselt werden. Vorteilhaft ist weiterhin, daß die Keramikrohre eine deutlich niedrigere Partikelbelastung als Quarzrohre zeigen, wobei die Partikelreduzierung bis zu 75 % beträgt.

Als weitere geeignete Materialien können beispielsweise Zirkonoxid ( $ZrO_2$ ), Magnesiumoxid ( $MgO$ ), Kalziumoxid ( $CaO$ ) und  
20 Yttriumoxid ( $Y_2O_3$ ) als Keramik oder als Einkristall verwendet werden. Die Erfindung ist keineswegs auf die Verwendung traditioneller silicathaltiger Keramiken beschränkt. Es kommen auch keramische Werkstoffe aus Oxiden, Siliciden oder Karbiden der Metalle, wie sie im Rahmen der modernen Pulvermetall-  
25 urgie durch Pressen und Sintern zu Formkörpern herstellbar sind, oder Borkarbid ( $B_4C$ ) oder Siliziumkarbid ( $SiC$ ) in Frage. Mit den erfindungsgemäß modifizierten Plasmaätzanlagen können auch anisotrope Ätzprozesse oder das Abätzen von Pho-  
30 toresist durchgeführt werden.

9421671

07.03.98

## Schutzansprüche

1. Entladungskammer für eine bei der Fertigung integrierter Halbleiterschaltungen eingesetzte Plasmaätzanlage,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
  
daß die Entladungskammer aus einem keramischen Werkstoff oder einem einkristallinen Material mit der gleichen chemischen Zusammensetzung wie der keramische Werkstoff besteht.
- 10 2. Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Entladungskammer aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) besteht.
- 15 3. Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Wandstärke der Entladungskammer im Bereich von 0,8 bis etwa 3 mm gewählt ist.
- 20 4. Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Entladungskammer als Entladungsrohr ausgeführt ist, das mit einer separaten Ätzkammer verbunden ist.
- 25 5. Verwendung eines keramischen Werkstoffs oder eines einkristallinen Materials mit der gleichen chemischen Zusammensetzung wie der keramische Werkstoff aus der Gruppe Aluminiumoxid, Zirkonoxid, Magnesiumoxid, Kalziumoxid, Yttriumoxid, Borkarbid oder Siliziumkarbid als ätzgasresistentes Wandmaterial einer Entladungskammer für eine bei der Fertigung integrierter Halbleiterschaltungen eingesetzte Plasmaätzanlage.  
30

9401671